

AZ ŐSZI BUZA NÖVÉNYTÁPLÁLÁSI FOLYAMATOK MATEMATIKAI MODELLEZÉSE

Fekete Attila, Baranyai Ferenc, Erdei László

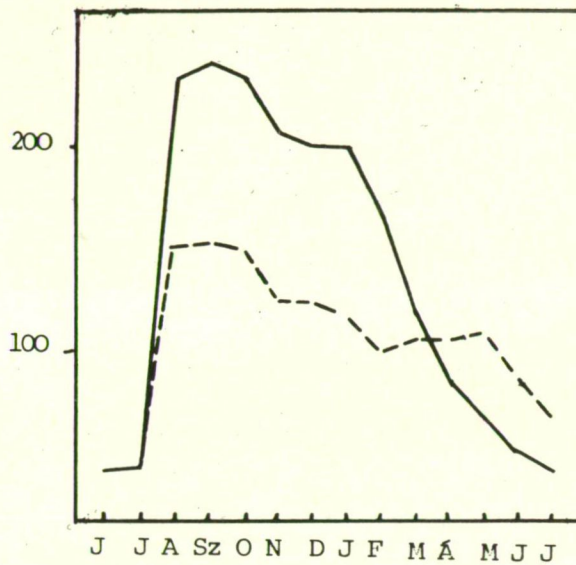
MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Főosztály, MTA Szegedi Biofizikai Kutató Intézete

2000-ig az emberiségnek két alapvető feladatot kell megoldania, a fosszilis erőforrások hosszútávon tervszerű hasznosítását, valamint az egyre növekvő népesség alapvető élelmiszerekkel való ellátását. A jelenlegi népesség növekedési arányokat és a mai táplálkozási szokásokat feltételezve - beleértve a napjainkban is éhező és alultáplált százmilliókat - az élelmiszer termelésünket meg kell tehát kétszereznünk. Különböző országokban e jelentős feladatok megoldásán a kutatók tizezrei dolgoznak és eddig alapján véve két lehetséges fejlesztési koncepciót vázoltak fel: a növekvő mennyiségi igényeket a mezőgazdaságilag művelt területek nagy állóeszközigényű bővítésével, illetve a termőterületek állandósága mellett a fajlagos hozamok magas anyag- és energiaigénnyel történő növelésével látják megoldhatónak az előbbiekben vázolt alapvető problémát.

Magyarországon az összterületeknek több mint 70 %-át hasznosítjuk mezőgazdasági műveléssel, további területek mezőgazdasági művelésbe vonása elképzelhetetlen, sőt az iparosodás és urbanizáció hatására jelentős termőföld felületek kiesésével számolunk. Elvileg a második fejlesztési koncepció az, amelyet követnénk. Azonban az elmúlt időszak /1975-81/ termesztéstechnológiai paramétereinek matematikai-statisztikai elemzései, a világgazdaságban bekövetkezett számunkra előnytelen változások rámutatnak arra, hogy a hagyományos, az ipari eredetű input termék felhasználáson /gép, műtrágya, növényvédőszer, stb./ alapuló fejlesztés tartalékaik kimerültek, a továbblépés kizárólag az anyag- és energiafelhasználás hatékonyságát ugrásszerűen javító, új tudományos megalapozottságu, táblaszinten differenciált növénytermesztési technológiák üzemi bevezetésével oldható meg [1].

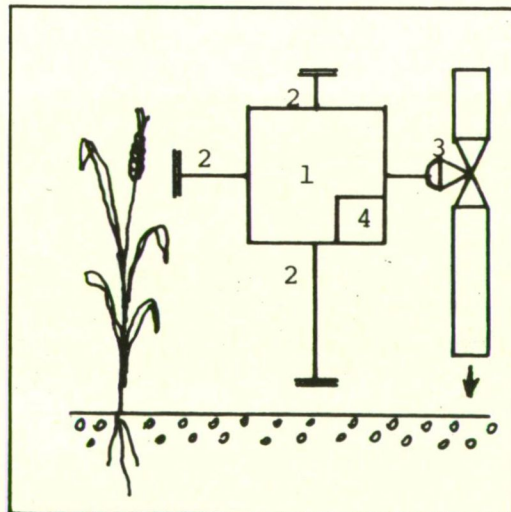
A jelenlegi műtrágya felhasználás problematikáját az 1. ábrán vázoljuk leegyszerűsítve, a vegetáció során kiadott műtrágya és a talajból keletkezett ásványi nitrogén, valamint a buzanövény tápanyagigénye és különböző természetes eredetű veszteségek /kimosás, denitrifikáció, stb./ különbségeként a talajban a vegetáció adott pillanatában rendelkezésre álló ásványi nitrogén példáján. Látható, hogy olyan egyszerű technológiai megoldás, hogy azonos mennyiségű műtrágyát három részletben juttatunk ki, egyenletesebb és így a környezetet kevésbé terhelő nitrogénellátást biztosít, sőt 30 kg/ha nitrogén hatóanyag megtakarítást eredményez.

Belátható, hogy a jövőben térben és időben optimális tápanyagszintet kell a növények számára a vegetáció során biztosítani, ezt nevezzük a harmonikus növénytáplálási rendszernek /2. ábra/ [2]. E feladatot csak rendszerelméleti szemléletű kutatással, a mérési eredményeket nagy hatékonysággal feldolgozó és azokat szimulációs modellek formájában hasznosító számítástechnikai rendszerekkel lehet megoldani. A legfontosabb kutatási irányokat, e téren elért eredményeket és a munka során felmerült nehézségeket a nitrogén tápelem körforgalmának modellje és annak elemei alapján mutatjuk be /3. ábra/ [3].



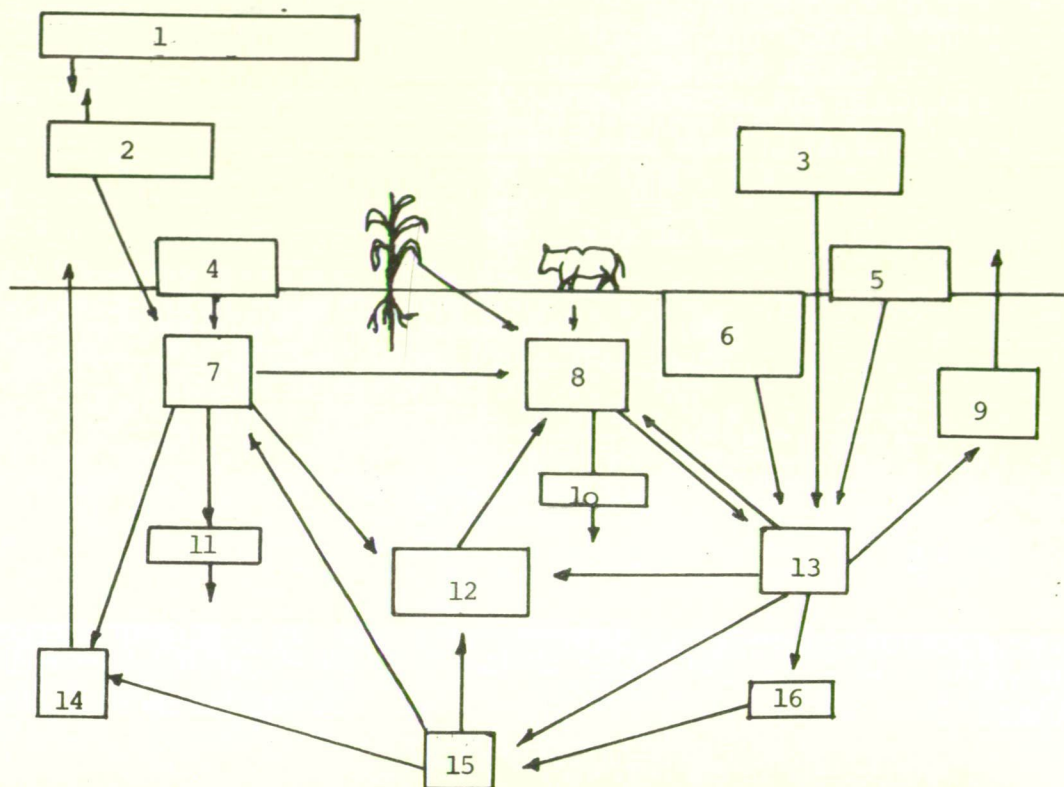
1. ábra. A feleslegben rendelkezésre álló ásványi nitrogén mennyiségének változása a vegetáció során.

x tengelyen: hónapok, y tengelyen: N_{ásványi}, kg/ha
 — alaptrágyaként kiadva 210 kg/ha műtrágya
 --- alaptrágya 120 kg/ha ill. kétszeri fejtrágya 60 és 30 kg/ha



2. ábra. Harmonikus növénytáplálás elvi sémája

1-szabályzó elem; 2-mérő, érzékelő elemek, 3-beavatkozó elem; 4-szimulációs program; A-N,P,K,Ca,Mg,Zn, Cu,Mn regulátorok, hormonok stb.



3. ábra. Nitrogén körforgalma a rizoszférában

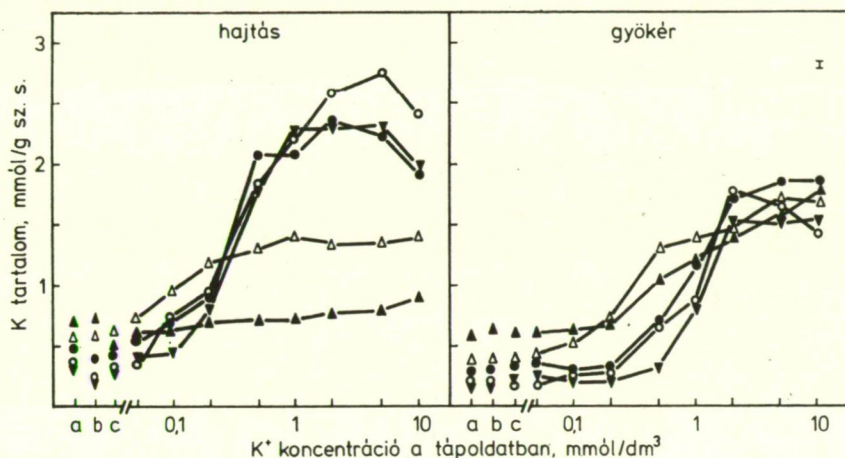
A beszámozott kockák feliratai: 1- N_2 , NO_2 , NH_3 , 2-légköri NO_2 , 3-légköri NH_3 , 4- NO_3^- műtrágya, 5- NH_4^+ műtrágya, 6-biológiai megkötés, 7-talaj NO_3^- , 8 szerves N, 9- NH_3 , 10-errozio, 11-kimosódás, 12-növény, 13-talaj NH_4^+ , 14- N_2 , N_2O , 15- NO_2^- , 16-megkötődés, 17-kimosódás.

A növény tápanyagfelvétele

A Szegedi Biofizikai Kutató Intézettel szerződésünk alapvető célja az, hogy a különböző környezeti feltételek mellett termesztett buza tápanyagfelvételi és transzlokációs folyamatait tápoldatos, mesterséges talajon, ill. a főbb szántóföldi talajtipusokon fitotronban, tenyészedenyházban, kisparcellás és üzemi kísérletekben vizsgáljuk. Figyelembe véve a növekedési, tápanyagfelvételi folyamatok matematikai leírására használatos nem-lineáris, változó együttthatóju differenciálegyenletrendszerek numerikus megoldásának problémáit /kezdeti értékek, stabilitási problémák, stb./ megoldottuk a fiatalkori buzanövény tápanyagfelvételi folyamatainak naponkénti vizsgálatát /28-ik napig/. A mérési eredmények feldolgozása terén jelenleg a feladatunk mintegy 20 differenciálegyenletből álló rendszer paramétereinek

becslése, ill. a szimulációs modell megbízhatóságának ellenőrzése.

A 4. ábrán néhány tápanyag felvételének idő-diagramját mutatjuk be. A modellezési munka során fel fogjuk használni a soros illetve késleltetett idejű autokatalitikus kémiai reakciók, a változó felületű cső, illetve térfogatu keverős-reaktorok modellezése terén elért eredményeket is.



4. ábra. A buza csiranövények hajtásainak és gyökereinek K tartalma a K-ellátás függvényében, a csirázástól számított 3. /▲/ 5. /△/ 7. /●/ 9 /○/ és 11. /▼/ napokon. Az a, b és c rendre a tridesztillált vízben, a 0,5 mmol/dm³ és a K mentes teljes tápoldatban nőtt növényeket jelöli.

A talaj nitrogén tartalmának dinamikája

Három különböző egyetemi kutatóhely /GATE, DATE, KATE/ vesz részt a talajok különböző formájú /szerves, ásványi, NH_4^+ , NO_3^- stb./ nitrogéntartalmának térben és időben történő változásának kísérleti uton történő tanulmányozásában.

A kísérletekben kulturnövényekkel fedett /buza, kukorica/ ill. fedetlen, különböző talajtipusok /réti, csernozjom, barna erdőtalaj/ aktuális nitrogén tartalmának meghatározására terjed ki.

Az NH_4^+ formájú nitrogén vegyületek anyagásványok okozta megköttődését Miwa E. [4] által ajánlott

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V_x \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\partial A}{\partial t} \quad (1)$$

tipusu, a szerves nitrogéntartalom ásványi nitrogénné történő átalakulására BURNS I.G. [5] által javasolt

$$\frac{d(N_{\text{org}})}{dt} = -K \cdot N_{\text{org}} \quad (2)$$

tipusu megközelítést, az NO_3^- lemosódási folyamatokat ugyancsak általa javasolt egyszerű nem-lineáris modellel fogjuk leírni.

A légköri nitrogén vegyületek N_2 , NO_2 , NH_3 , stb./ fiziko-kémiai és mikrobiológiai megkötésének modellezésekor a hazai kutatási eredményeket tekintjük alapadatoknak.

A különböző talajok erróziós károsodásának mértékét /N veszteség is/ a lejtőszög, talajtulajdonságok, alkalmazott agrotechnikai és meteorológiai adatok függvényében kell meghatározni [6].

A denitrifikációs jelenségeket, ill. azok kémiai szerekekkel történő szabályozását Meikle R.W. módszerével [7] közelítjük.

A nitrogén körforgalom további elemeinek és folyamatainak tanulmányozására kiterjedt és széleskörű vizsgálatokat végzünk a Növényvédelmi és Agrokémiai Központ és Állomások szervezésében. Az eddig elért eredmények közül egy konkrét példán az alábbiakban bemutatjuk, hogy a matematikai modellezés milyen konkrét, a gyakorlatban azonnal felhasználható eredményeket szolgáltatathat.

Denitrifikációs folyamatok szabályozása kémiai inhibitorokkal

A 3. ábrából is kitűnik, hogy ha eltekintünk az $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ folyamattól a talajok NH_4^+ formájú nitrogén készletét kevesebb károsodás éri, mint az NO_3^- formájú vegyületeket. Tehát az ősszel kiadott NH_4^+ formájú nitrogénhatóanyagból minél többet NH_4^+ alakban kell tartani, ezáltal csökkentjük a téli és koratavaszi NO_3^- kimosódásából, denitrifikációjából származó veszteségeket [8]. Ezt különböző a talajbiológiai denitrifikációs folyamatokat gátló kemikáliák /DOW cég N-Serve, ill. Ishihara Sangyo Kaysha cég ATC-60 készítménye/ alkalmazásával érhetjük el.

Mielke R.W. [7] a probléma megoldására az alábbi modellt javasolja:

$$\frac{d}{dt} \text{NH}_4^+ = - K_1^{**} \cdot \text{NH}_4^+ \quad (3)$$

$$\frac{d}{dt} \text{INH} = - K_2 \text{INH} \quad (4)$$

$$K_1 = - 0,0695 + 0,0019 \text{ /C}^{\circ} \text{ /} + 0,012 \text{ /pH/} \quad (5)$$

$$K_1^* = (1,2306 - 0,00225 Q_1) \cdot K_1 \quad (6)$$

$$\text{INH}_{\text{kezd}} = \begin{cases} 0,443 + 2,244Q_2 + 0,168 \text{ SzA sorkezeléssel} \\ 0,89 \cdot Q_2 \text{ felületi kezelésnél} \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{AR} = 0,886 - 1,326 \cdot \text{INH} + 0,47 \cdot \text{INH}^2 \quad (8)$$

$$K_1^{**} = K_1^* \cdot \text{AR} \quad (9)$$

ahol C^0 - a kémiai reakció sebességét meghatározó napi talajhőmérséklet értéke $^{\circ}\text{C}$ -ban,

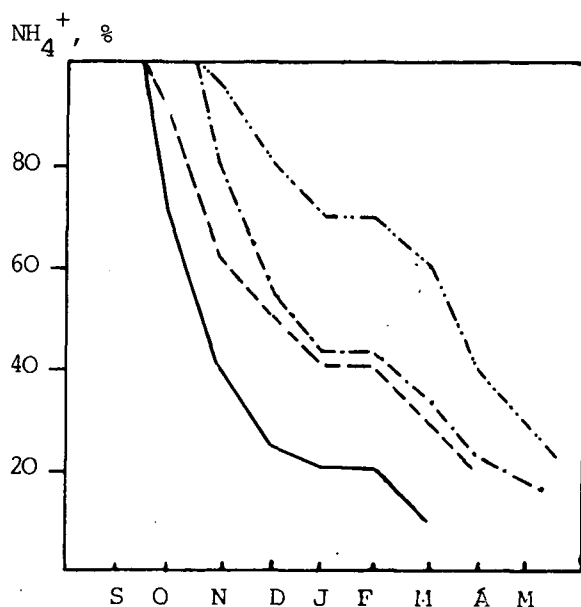
pH - a talaj kémhatása

Q_1 - NH_4^+ formában kiadott műtrágya mennyisége, kg/ha,

Q_2 - a kiadott inhibitor mennyisége kg/ha,

SzA - a talaj szervesanyagtartalma, %-ban.

Látható, hogy a NH_4^+ átalakulási folyamat sebessége az aktuális napi talajhőmérséklettől, a kémhatástól, a NH_4^+ formában kiadott műtrágya mennyiségétől, valamint az aktuális inhibitor koncentrációjától függ.



5. ábra. NH_4^+ mennyiségének változása a vegetáció alatt
 x tengelyen: idő, y tengelyen: NH_4 mennyiség, %-ban
 — 150 kg/ha NH_4^+ + 0 kg/ha inhibitor szept.15-én
 ---- 150 kg/ha NH_4^+ + 0,5 kg/ha inhibitor szept.15-én
 -.-.- 150 kg/ha NH_4^+ + 0 kg/ha inhibitor okt. 15-én
 -...- 150 kh/ha NH_4^+ + 0,5 kg/ha inhibitor okt. 15-én
 A tábla jellemző: pH=7, szervesanyag: 2 %, kezelés-fe-
 lületi.

Az 5. ábrán bemutatjuk, hogy különböző időpontokban végzett műtrágyázás esetén milyen eredményességű a denitrifikációs inhibitor alkalmazása. Látható, hogy a modell alkalmas a műtrágyázás optimális időpontjának, az inhibitoros kezelés dózisének és időpontjának megválasztására. Tehát viszonylag ez az egyszerű matematikai modell is fontos technológiai-ökonómiai kérdésre adhat választ, segítheti az üzemi szakembert a döntéseiben.

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Nagy Bálint, 1982. évi Bábolnai Napok előadássorozat
- [2] Fekete A. és Baranyai F., XII. Membrán - Transzport Konferencia, Sümeg, 1982. V. 10-14.
- [3] Maximizing the efficiency of fertilizer use by grain crops FAO, 1980. Róma, pp. 1-30.
- [4] Miwa E., Soil Sci. Plant Nutr., 26 /2/, 175-184, 1980.
- [5] Burns, I.G. Journal of Soil Science, 31, 155-173, 1980.
- [6] Horváth L., Időjárás, 85, 195-200, 1981.
- [7] Meikle R.W., Soil Science 127, 292-299, 1979.
- [8] Meikle R.W., Down to earth, 34, 6-10, 1978.